

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY
KATEDRA ELEKTROENERGETIKY

ANALÝZA ZÁLOŽNÝCH ZDROJOV NAPÁJANIA
ANALYSIS OF BACKUP POWER SOURCES

2015

Jozef Greguš

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Jozef Greguš**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika
Téma: Analýza záložních zdrojů napájení
Analysis of backup power sources

Zásady pro vypracování:

1. Záložní zdroje
2. Analýza současného stavu
3. Návrh systému záložního napájení
4. Závěr
1. Backup power sources
2. Analysis of actual situation
3. Design on backup power source
4. Conclusion

Seznam doporučené odborné literatury:

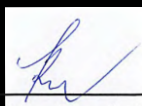
- [1] Coyle, T. Calculating backup power supply requirements (2014) Engineered Systems, 31 (4), pp. 44-49.
[2] Hordeski, M.F. Emergency and Backup Power Sources: Preparing for Blackouts and Brownouts (2005) The Fairmont Press, Inc., p.313
[3] Brown, R.E. Electric Power Distribution Reliability, Second Edition (2008), CRC Press, p.504

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lukáš Prokop, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2014

Datum odevzdání: 07.05.2015



prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prehlásenie študenta

Prehlasujem, že som túto bakalársku prácu vypracoval samostatne. Uviedol som všetky literárne pramene a publikácie, z ktorých som čerpal.

V Ostrave 6.5.2015

Greguš

Jozef Greguš

PodĎakovanie

Na tomto mieste by som sa rád poďakoval môjmu vedúcemu bakalárskej práce pánovi Ing. Lukášovi Prokopovi, Ph. D. a zástupcovi akciovej spoločnosti pánovi Otakarovi Bednářovi, ktorí mi pomáhali a radili pri tvorbe tejto bakalárskej práce.

Abstrakt

Bakalárska práca je venovaná uholnej teplárni v Českej republike a to konkrétne v meste Karviná, kde sídli akciová spoločnosť Veolia Česká republika, a.s. – Teplárň Karviná.

Cieľom tejto práce je vyriešiť problém preťaženej siete zo záložného systému. Práca je rozdelená do dvoch častí.

Prvá časť je teoretický rozbor záložných zdrojov UPS. Druhá časť je praktická, ktorá sa zaoberá práve spomínanou akciovou spoločnosťou, kde sa má vyriešiť daný problém.

V teoretickom rozbere sú kapitoly ako história, záložné zdroje UPS (názov, princíp, využitie a zloženie UPS), uskladnená energia pre UPS, kde boli rozobrané hlavne elektrochemické akumulátory ale aj modernejšie palivové články či už super kondenzátory. Taktiež poukazuje základné body pri výbere UPS, či už podľa výkonu, doby napájania alebo tvaru.

V praktickej časti sa rozoberá aktuálny stav teplárne, kde sa spolupracovalo so zamestnancami. Spolupráca bola formou osobného kontaktu v prípade doplnenia informácií formou mailu alebo telefónu. Uvedie sa tiež, ako sa vykonávajú alebo ako sa vykonali niektoré skúšky bateriek. Po dlhodobom sledovaní bolo zistené, že problém bol v záťaži ktorú vytváralo núdzové osvetlenie

Záverom bude zhrnutie vytvoreného riešenia, ktoré schválila firma.

Kľúčové slová : uholná teplárň; záložný zdroj napájania; akumulátory; elektrické napätie; doba napájania

Abstract

This bachelor thesis is devoted to coal- fired power plant in Czech Republic, concretely to Karviná city where a company Veolia Česká republika, a.s. – Karviná Heating Plant is accommodating.

The aim of this thesis is solving problem with an overloaded grid from backup power. Work is divided into two parts.

First part is theoretical analysis of backup power UPS. Second part is practical which deals with mentioned company where the problem must be solved.

In theoretical part are chapters like history, backup power UPS (name, principles, use and structure of UPS), stored energy for UPS, which contains mainly analysis of electrochemical accumulator but also a modern full cells or even super capacitors. It also highlights the key points when choosing UPS due to power, charge time or shape.

Practical part discuss current status of heating plant, where were cooperated with employees. Cooperation was in the form of personal meetings and for obtaining additional information in the form of e-mails and telephone conversations. In this part is also mentioned how to perform or how was performed some of the battery testing. After long- lasting monitoring it was found that problem was in emergency lighting.

Conclusion contains summary of solution which was approved by company.

Key words: coal heat and power plant, backup power sources, storage batteries, electrical voltage, timer power

Zoznam použitých symbolov a skratiek

Skratka	Názov	Jednotka
a pod.	a podobne	[-]
AC	striedavé napätie / prúd	[V] / [A]
C_N	nominálna kapacita bateriek	[A·hod]
č.	číslo	[-]
čl.	článok	[-]
DC	jednosmerné napätie / prúd	[V] / [A]
f	kmitočet	[Hz]
kč	česká koruna	[-]
napr.	napríklad	[-]
P	činný výkon	[W]
PC	počítač	[-]
S	zdanlivý výkon	[VA]
t	čas	[S]
T	teplota	[°C]
tzv.	takzvaný	[-]
U_N	nominálne napätie	[V]
U_{NAB}	nabíjacie napätie	[V]
UPS	záložný zdroj napájania	[-]
$\Delta\vartheta$	teplotný rozdiel	[°C]

OBSAH

1	Úvod	9
2	Teoretický rozbor záložných zdrojov	10
2.1	História.....	10
2.2	Záložné zdroje UPS.....	10
2.2.1	Názov	10
2.2.2	Princíp	11
2.2.3	Využitie.....	11
2.2.4	Zloženie.....	12
2.2.4.1	Usmerňovač.....	12
2.2.4.2	Striedač.....	13
2.3	Problémy pri napájaní	13
2.4	Modely UPS	14
2.4.1	UPS pasívne pohotovostný	15
2.4.2	UPS sieťovo interaktívny	16
2.4.3	UPS s dvojitou premenou.....	17
2.5	Komunikácia	18
3	Uskladnená energia pre UPS	20
3.1	Akumulátory	20
3.1.1	Olovené akumulátory	21
3.1.2	Nikel – kadmiové akumulátory	22
3.1.3	Testovanie reťazcov alebo samotných bateriek	23
3.1.4	Baterky v sériovom a v paralelnom spojení	23
3.1.5	Séria sériové / paralelné batérie interakcie.....	24
3.1.6	Séria nové / staré batériové interakcie.....	25
3.2	Super kondenzátory.....	25
3.3	Palivové články	27

4	Základné body pri výbere UPS.....	30
4.1	Topológia	30
4.2	Výkon a stav.....	31
4.3	Tvar	31
4.4	Funkcie.....	31
4.5	Doba napájania.....	32
4.6	Softvér a komunikácia.....	32
5	Aktuálny stav.....	33
5.1	Kapacitné skúšky	36
5.1.1	Výpočet A-h kapacity akumulátora.....	37
5.1.2	Výpočet skratového prúdu akumulátora	38
5.2	Zaťažovacie skúšky	39
6	Riešenie daného problému	42
7	Záver.....	44
	Literatúra:.....	45

1 Úvod

Človek si v túto dobu nevie predstaviť život bez elektrickej energie. Hlavnými zdrojmi sú jadrové, uhľové, veterné, vodné, slnečné a geotermálne elektrárne. Úloha je jasná, vyrobiť dostatok energie na chod celého pokrytého územia elektrárnou či už domácností ale priemyslu. Ale z hľadiska energetickej náročnosti môže dôjsť k deficitu v niektorej oblasti nutného napájania.

Nielen v dnešnej dobe ale i v minulosti sa používali práve záložné zdroje k napájaniu rôznych objektov, ktoré pri poruche siete museli prepnúť na záložné zdroje napájania. Čím ďalej tým viac sa používajú neprerušiteľné zdroje napájania, pretože táto technicky vyspelá spoločnosť požaduje energetickú náročnosť nielen na neustálu dodávku ale aj na kvalitu elektrickej energie. Zavedené sú celkovo 3 stupne zaistenia dodávky elektrickej energie. Každý jeden stupeň má svoju definíciu a špecifické zapojenie. Hlavným dôvodom, prečo sa používajú záložné zdroje je ten, aby naďalej bola dodaná elektrická energia aj v prípade, že primárny zdroj zlyhá. Pre teplárne je všeobecne zavedený stupeň dodávky elektrickej energie číslo 2.

Problémom v teplárni v Karvinej je preťaženie jednosmernej siete zo záložných zdrojov. Toto bol dôvod vypísania tejto bakalárskej práce.

2 Teoretický rozbor záložných zdrojov

2.1 História

Núdzové napájacie systémy sa používali na námorných lodiach už v druhej svetovej vojne, pretože lode používali parné stroje, ktoré pri výpadku generátoru, ktorého turbínu poháňala para, sa stali tieto lode obyčajnými na prepravu ľudí. Záložnými zdrojmi sa dalo vykryť túto stratu, no jeden alebo viacero diesel- agregátov ktoré sa použili, neboli tak spoľahlivé ako súčasné polovodičové UPS, kvôli veľmi krátkemu času napájania. Medzi jednotlivými agregátmi sa spoliehalo predovšetkým na manuálne ovládanie, čiže keď jeden agregát vypol musel sa vypnúť prepínač, presunuli tyč, ktorá bola medzi nimi a druhý prepínač sa zapol a spolu sním aj druhý zdroj. [6], [7]

2.2 Záložné zdroje UPS

V tejto kapitole bude rozobraná základná teória o záložných zdrojov UPS. Základná teória do seba zahŕňa názov, princíp využitia a zloženie. Toto všetko je popísané v jednotlivých podkapitolách.

2.2.1 Názov

Názov UPS predstavuje začiatkové písmená z anglických slov Uninterruptible Power Supply , čo v preklade znamená neprerušiteľný zdroj napájania. Je to prístroj , ktorý poskytuje potrebnú energiu do záťaže pri výpadku energie z hlavného zdroja.

2.2.2 Princíp

UPS funguje na princípe akumulátora, to znamená, že pri normálnej prevádzke primárneho zdroja je UPS v nabitom stave, prípadne sa nabíja a pri prerušení alebo poklesu vstupného napätia dodáva elektrickú energiu do siete až do svojho vybitia alebo do obnovenia dodávky z primárneho zdroja. Nielenže zabezpečuje dodávku elektrickej energie pri vypnutí primárneho zdroja ale aj chráni danú sieť proti podpätiu a prepätiu. Požiadavky na verejnú rozvodnú sieť špecifikuje norma *ČSN EN 50160 (33 0122):2000 Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě*. Napájací interval môže trvať niekoľko minút až hodín, záleží to na kapacite akumulátorov, inštalovanom výkone pri núdzovom stave a ďalšími parametrami.

2.2.3 Využitie

UPS sa líši od núdzového napájacieho systému v tom, že pri výpadku elektrickej energie dodáva UPS energiu, ktorá je uložená v batériách, super kondenzátoroch alebo v palivových článkoch. Doba nábehu je pomerne krátka a to niekoľko minút a to stačí na spustenie pohotovostného režimu alebo na úplne ukončenie daného procesu. UPS je obvykle zapojený medzi primárny zdroj napätia (elektrického prúdu) a zálohovaný vstup napájania chráneného zariadenia.

Záložné zdroje sú nevyhnutnou súčasťou telekomunikačných zariadení, počítačových sietí, systémov ktoré zabezpečujú správny chod letísk, nemocničné prístroje, ktoré by pri výpadku mohli spôsobiť smrť človeka a ďalšie.

Zo všeobecného hľadiska sa na trhu vyskytujú 3 hlavné modely, ktoré fungujú rozdielne. Výrobcovia, ako napr. Riello, Eaton prispôbujú svoje produkty práve týmto modelom a každý má svoj dizajn a vyhotovenie..

Využitie UPS je rôzne, začína pri malých zariadeniach pri výkone 350 VA čiže 210W, končí až pri zálohovaní elektrárni alebo teplárni pre nejaké 3-fázové pohony, kde sa výkon pohybuje až do 20 000VA čo predstavuje 16 000 W. Tri základné využitia sú:

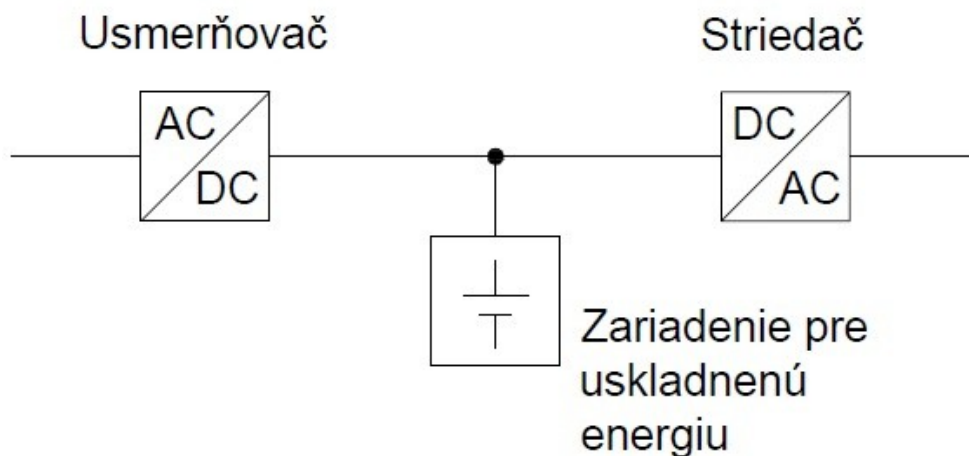
- Jeden počítač alebo zariadenie – hlavnou úlohou je ochrana dát zálohovaného osobného počítača.
- Malé skupiny počítačov – cieľom je zabezpečiť neprerušovanú prácu viacerých počítačov a prípadne i ďalších špecializovaných zariadení ako sú tlačiarne, faxy a podobne. Typickým príkladom môže byť zabezpečenie prevádzky zákazníckeho oddelenia banky.
- Celé budovy - veľké UPS sa kombinujú s využitím generátora elektrickej energie s požitím nafty či benzínu, pre prípad dlhotrvajúceho výpadku elektrickej energie a hrozbe vybitia batérií.

2.2.4 Zloženie

Záložné zdroje majú tri hlavné časti. Usmerňovač, ktorý mení striedavé napätie na jednosmerné a to potrebujeme na nabíjanie batérií. Striedač, ktorý ďalej toto uskladnené jednosmerné napätie na výstupe z batérií zmení na striedavé napätie a nakoniec samotné zariadenie na uskladnenú energiu. Blokovo schému môžeme vidieť na *Obr. č. 1*. Posledný komponent záložných zdrojov bude popísaný v samostatnej kapitole. [11]

2.2.4.1 Usmerňovač

Ako už bolo spomenuté je to zariadenie, ktoré usmerňuje striedavé napätie na jednosmerné napätie so základným prvkom buď usmerňovacou diódou alebo tyristormi, pričom je využitá základná vlastnosť P–N prechodu. U záložných zdrojov sa používajú neriadené usmerňovače s prídavným meničom pre riadenie nabíjacieho procesu, tyristorový alebo tranzistorový so šírko-pulznou moduláciou. Hlavne to závisí na charakteru odoberaného sieťového prúdu. Pre malé výkony je jednofázový usmerňovač a pre veľké je trojfázový usmerňovač. [12], [13]



Obr. č. 1 Bloková schéma zloženia

2.2.4.2 Striedač

Striedače sú polovodičové meniče, ktoré menia jednosmerné na striedavé napätie. Základ každého striedača tvorí riadené polovodičové spínače. Môže to byť buď tranzistor alebo tyristor. Tranzistor sa používa do niekoľko stoviek kW. Tyristor sa používa pre väčšie výkony. Tranzistor oproti tyristoru má výhodu v tom, že sa dokáže sám vypnúť a môžu spínať vysoké frekvencie. Najrozšírenejší je striedač s mostíkovým zapojením. [12], [13]

2.3 Problémy pri napájaní

Základná a tá najdôležitejšia úloha je krátkodobé napájanie. Avšak UPS jednotky majú problémy pri napájaní a to hneď niekoľko :

- Výpadok v prísune elektrického napätia, ktoré vymedzuje okolo 5 % defektov.
- 87 % porúch činí podpätie. Je to stav, keď napätie z napájacej siete poklesne pod 75 % z nominálnej hodnoty. Na tento stav sú väčšinou ešte dimenzované spotrebiče, no pri takom poklese napätia dochádza k vážnym určitým chybám.
- Prepätie predstavuje 0,7 % porúch. Tento stav nastáva vtedy, keď napätie v sieti je väčšie než dovolené a môže poškodiť napájacie elektrické spotrebiče.

- Pri prechode na záložný režim dochádza k tzv. napäťovým a prúdovým špičkám. Pri rozbehu výkonových elektrických zariadení, napätie sa na chvíľku viacnásobne zvýši nad úroveň nominálneho napätia.
- Rušenie, ktoré vzniká v sieti napr. elektromotorov sa nazýva šum. V praxi to znamená možné poškodenie niektorých domácich elektrospotrebičov a pri výpočtovej technike to môže spôsobiť chyby. V teórii to znamená na klasický sínusový priebeh s kmitočtom 50 Hz, ktorý predstavuje striedavé napätie, je šum vyššie harmonické násobky.
- Samostatná kapitola je elektromagnetické rušenie. Základom tohto rušenia sú atmosférické výboje, v priemysle zapínane strojov s veľkými výkonmi, alebo len spustenie obyčajného osvetlenia s desiatkami žiarivkovými svietidlami.

2.4 Modely UPS

Podľa spôsobu prevádzky sa záložné zdroje delia na:

- a) „On - line“ (UPS s dvojistou premenou/ UPS double conversion)
- b) “Line - Interactive “ (UPS sieťovo interaktívny/ UPS line interactive)
- c) “Off - line “ (Ups pasívne pohotovostný/ UPS passive stand - by)

Názvy týchto modeloch sú rôzne, v zátvorke sú preložené názvy a za lomenou čiarou sú názvy podľa novej normy *IEC 62040-3:1999 Uninterruptible power systems (UPS) – Part 3: Method of specifying the performance and test requirements*. Každý z uvedených UPS má svoje charakteristické črty, výhody aj nevýhody.

V ďalších podkapitolách sa bude používať termíny ako normálny – sieťový režim a záložný – batériový režim. Normálny režim považuje norma *ČSN EN 50160 (33 0122):2000 Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě*

vtedy, keď „Za normálnych prevádzkových podmienok, s vylúčením prerušenia napájania,

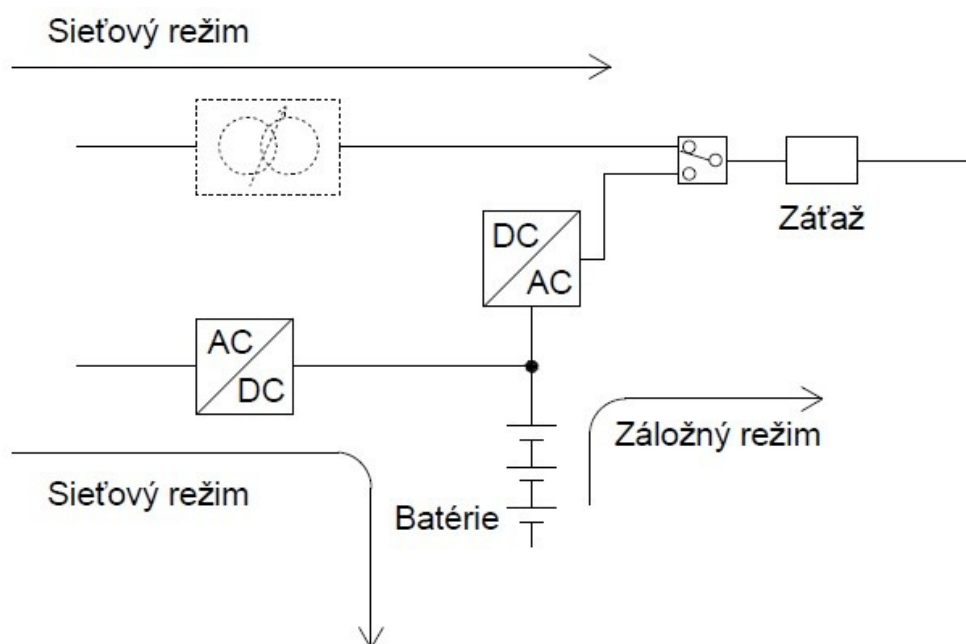
- Musí byť počas každého týždňa 95 % priemerných efektívnych hodnôt napájacieho napätia v meracích intervaloch 10 minút v rozsahu $U_N \pm 10\%$

- Všetky priemerné efektívne hodnoty napájacieho napätia v meracích intervaloch 10 minút musí byť v rozsahu $U_N + 10 \text{ \%} / - 15 \text{ \%}$. (POZNÁMKA V prípade napájania vo vzdialených oblastiach s dlhými vedeniami môže byť napätie mimo rozsah $U_N + 10 \text{ \%} / - 15 \text{ \%}$. Odberatelia by mali byť o tom informovaní.)“

Batériový režim sa považuje stav, kedy napätie je mimo daných tolerancií. [11]

2.4.1 UPS pasívne pohotovostný

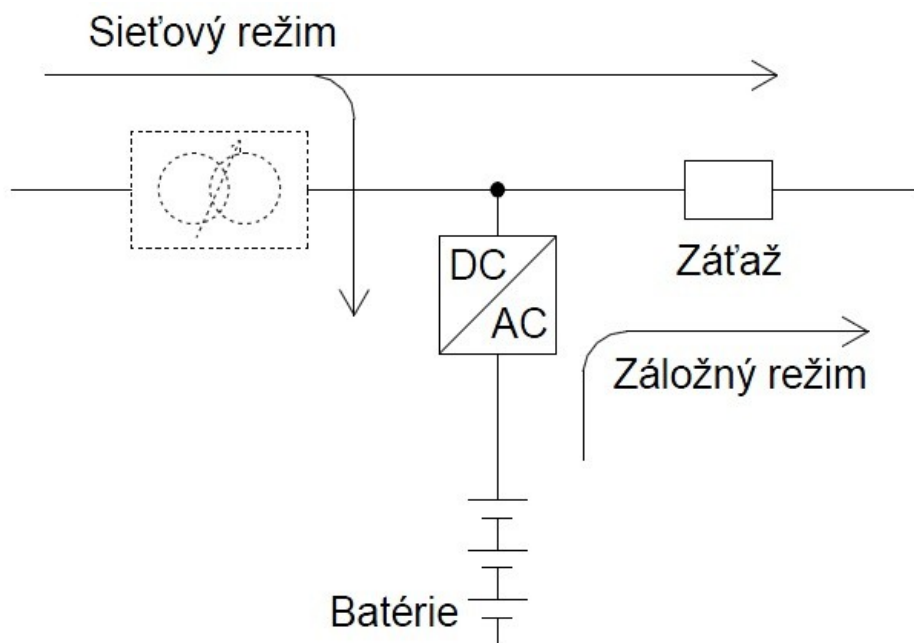
Je to jednoduchý UPS prevádzkovaný tak, že v normálnom režime výkon do záťaže je napájaný zo siete, kde môže byť podľa požiadaviek prispôsobené napätie transformátorom. V tomto režime je striedač mimo prevádzky. Napájacia sieť sa rozdelí do dvoch vetiev. Jedna ide cez prepínač do záťaže a druhá vetva má v sebe usmerňovač, kde mení striedavé napätie na jednosmerné, ktorým sa dobíjajú v prípade potreby baterky. Pri výpadku energie zo siete nabehne záložný režim, to znamená že sa aktivuje striedač. Pri tomto režime sa automaticky prepne prepínač na prívod z akumulátorov. Čas prepnutia je 4 až 12 ms. Medzi baterkami a prepínačom musí byť striedač na vytvorenie striedavého napätia z akumulátoroch. Schému zapojenia vidíme na *Obr. č. 2*. Tento pasívne pohotovostný UPS má napäťovú a kmitočtovú nezávislosť výstupu len v záložnom režime. Kvôli prepínaču v obvode, dochádza k prechodným dejom s dočasnou stratou napätia na výstupe. Off - Line UPS, ako sa aj označujú, sú zväčša používané na zálohovanie osobných počítačov, terminálov a menej náročných periférií. Najväčšími výhodami tohto UPS sú nízka cena, vysoká účinnosť a malé rozmery. [11]



Obr. č. 2 Schéma pasívne pohotovostného UPS

2.4.2 UPS sieťovo interaktívny

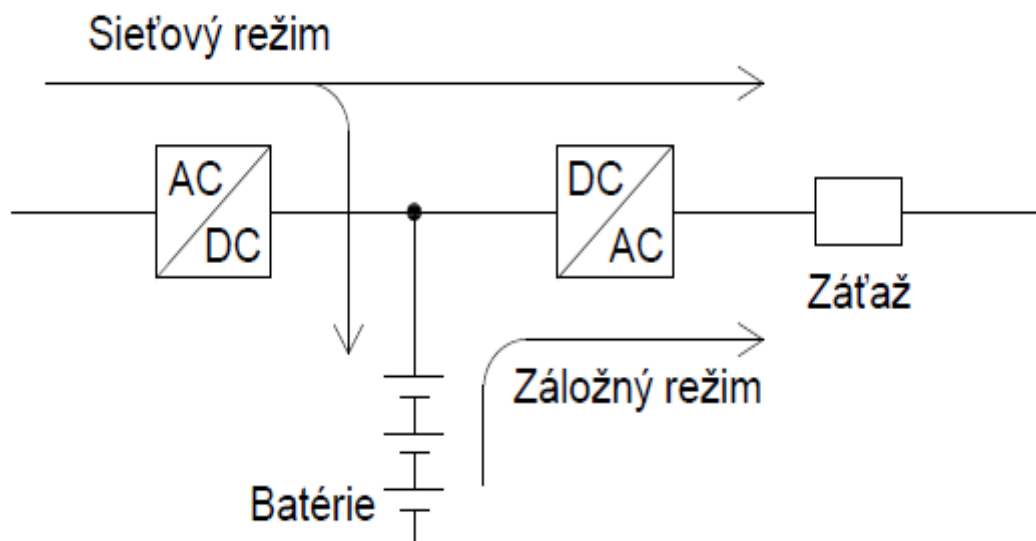
Je to jednoduchý UPS, prevádzkovaný tak, že v sieťovom režime je napätie zo siete je upravené sieťovým prispôsobovacím prvkom, napr. transformátor s automatickým prepájovaním odbočiek, ferorezonančný stabilizátor a pod.. Týmto prvkom sa dosiahnu úspory kapacity batérií. Striedač je v synchronizme z napájacou sieťou, čiže jeho stav je naprázdno alebo sa zúčastňuje istým čiastkovým výkonom na úprave napájacieho napätia. V záložnom režime výkon do záťaže je dodávaný z akumulátorov. Schému zapojenia vidíme na *Obr. č. 3*. Keďže je okruh batérie nepretržite spojený s výstupom UPS, pri tomto vyhotovení dochádza k značnému zníženiu prepínacieho času oproti vyhotovenie predchádzajúcemu UPS a to UPS passive stand - by. Sieťovo interaktívne UPS sa vyrábajú vo výkonoch v rozsahu cca 500 - 1400 VA a používajú sa predovšetkým na zálohovanie menších serverov a sieťových zariadení. Ich výhodou je vysoká efektivita a spoľahlivosť, malé rozmery a nízka cena. [11]



Obr. č. 3 Schéma sieťovo interaktívneho UPS

2.4.3 UPS s dvojitou premenou

UPS s dvojitou premenou je jednoduchý UPS prevádzkovaný pri neprerušení elektrickej dodávky tak, že napájacie napätie prechádza cez usmerňovač, kde sa usmerní striedavé napätie na jednosmerné, toto jednosmerné napätie v prípade, že batérie nie sú nabité na maximálnu kapacitu, dodáva energiu jednak do tohto jednosmerného medzi obvodu a zároveň prechádza cez striedač, kde sa nazad rozstrieda jednosmerné na striedavé napätie pre záťaž. Druhá možnosť je, že dôjde k výpadku dodávky zo siete, nastáva záložný režim. To znamená, že usmerňovač je mimo prevádzky a napätie pre napájanie striedača dodávajúceho výkon pre záťaž je dodané z batérií. Pri nabehtutí na normálny (sieťový) režim, sa akumulátor znovu dobíja. Prechod normálneho (sieťového) a záložného režimu sa realizuje bez prepájania v silových obvodoch, teda bez prechodových dejoch na výstupe. Schému zapojenia vidíme na Obr. č. 4. On - line UPS sa vyrábajú vo výkonovom rozsahu už od 1 KVA, ale väčšinou sú používané na výkony v úrovni 10 KVA a vyššie. Ich použitie je veľmi široké, od zálohovania sieťových komponentov, telekomunikačných zariadení, serverov, dátových centier až po priemyselné a životne dôležité aplikácie. [11]



Obr. č. 4 Schéma UPS s dvojitou premenou

2.5 Komunikácia

Záložné zdroje UPS k riadeniu spotreby potrebuje komunikovať so softvérom, ktorý je v PC. PC s UPS sú prepojené rôznymi komunikačnými rozhraniami ako je napr. seriový port (RS - 232), Ethernet, jednoduchý manažérsky protokol siete, GSM/ GPRS alebo USB.

Na komunikáciu medzi UPS a PC sa používajú ovládače, ktoré sú stanovené pre Základnými metódami PC - UPS sú ovládače, ktoré sú určené pre ohlásenie zo záložného zdroja k jednému cieľu. UPS sa dá pripojiť k danému PC a dodať informácie o situácii a tak aj ovládať UPS.

V podaktorých prípadoch je prospešné pre jeden väčší UPS, aby bol v spojení s niekoľkými chránenými zariadeniami. Viacero komunikačných rozhraní v UPS, najmä sériový a USB, môže docieľiť prepojenosť až piatich PC. Ale, rozloženie je obvykle len jeden zo smerov z UPS. Riadiace spätné signály môžu byť prípustné len z jedného z chránených systémov na UPS.

Komunikačné rozhranie Ethernet sa rozšíril v spoločnom užívaní od roku 1990, takže v dnešnej dobe sa používajú práve Ethernet, cez ktoré komunikujú viacero UPS pomocou dátových komunikačných metód. K týmto riadiacim signálom a dátam sa nedostane hacker, ktorý by mohol spôsobiť vypnutie systému, kvôli dobrému zakódovaniu.

Informácia o stave a kontrolných údajoch, vyžaduje UPS aby boli všetky zariadenia boli prepojené práve ethernetovým alebo sériovým komunikačným rozhraním, pri zastavení dodávky elektrickej energie zo siete. UPS môže byť pripojený priamo k riadiacemu serveru pomocou GSM/ GPRS brány. O spúšťaní záložného režimu nám dá systém vedieť cez SMS alebo GPRS dátových paketov, potom sa môže počítač vypnúť aby sa zmenšila spotreba a tak aj zväčšila doba napájania. [6], [7]

3 Uskladnená energia pre UPS

V súčasnom období sa využívajú tri záložné zdroje, každý jeden pracuje na inom princípe no výsledok je jeden a to dodávanie elektrickej energie v prípade prerušenia zo siete do zátáže. Sú to tieto tri zdroje : akumulátory, super kondenzátory a palivové články.

3.1 Akumulátory

Akumulátory sú sekundárne galvanické články, ktoré sa pri vybití dajú pomocou dodaného elektrického napätia (elektrolýzou) späť nabiť. Toto napätie uschová ako elektrochemickú energiu uloženú medzi elektródami. Samostatné články sa skladajú z anódy, katódy a elektrolytu. Elektródy sú z rôznych materiálov. Najpoužívanejšie sú olovené, nikel – kadmiové (Ni - Cd), nikel – železné (Ni - Fe), nikel – metalhydridové (Ni - MH), lítium – iónové (Li – Ion) a lítium – polymérové.

Kapacitu baterky zistíme pomocou Peukertového zákona. Tento zákon je pomenovaný po nemeckom vedcovi Wilhelm Peukert. Určuje sa z vybíjacieho prúdu, kapacity baterky a z času počas ktorého má byť vybitá baterka. Tento zákon je popísaný rovnicou (1) :

$$t = H \cdot \left(\frac{C}{I \cdot C} \right)^k \quad (1)$$

kde

t	požadovaný čas dodávania vybíjacieho prúdu [hod]
H	vybíjaný čas udaný od výrobcu [hod]
C	kapacita baterky udávaná výrobcom [A·h]
I_{VYB}	vybíjací požadovaný prúd [A]
k	peukertová konštanta [-]

Môžeme uviesť príklad: vybíjaný čas udávaný od výrobcu je zvyčajne 20 hodín, kapacitu olovene baterky máme udaný od výrobcu a to 100 A·h, prúd dodávaný do zátáže je 10 A. Peukertová konštanta je 1,4. Dosadíme do rovnice (1),

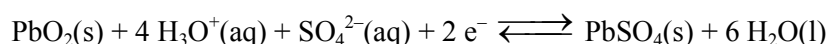
$$t = 20 \cdot \left(\frac{100}{10 \cdot 20} \right)^{1,4} = 7,5 \text{ hod}$$

Výsledkom pri kapacite baterky 100 A·h, pri vybíjanom prúde 10 A nám vyšlo, že kapacita baterky pokryje výpadok elektrickej energie 7 hodín a 30 minút.

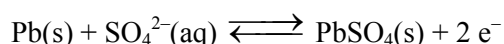
Ako prvé akumulátory boli s olovenými elektródami. Vytvoril ich v roku 1859 fyzik francúzskeho pôvodu Gaston Planté. V praxi sa začal používať neskôr a to v roku 1868. O 31 rokov švédsky fyzik Waldmar Jungner vyvinul akumulátor, kde použil elektródy z niklu a kadmia, tzv. nikel – kadmiové akumulátory. Taktiež sa zaujímal o túto problematiku Thomas Alva Edison. V roku 1901 použil namiesto kadmia železo a vznikol tzv. Ni – Fe akumulátor. [24], [21]

3.1.1 Olovené akumulátory

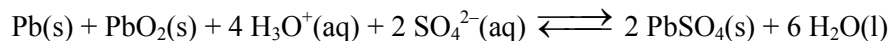
Tieto akumulátory sú najstaršie ako bolo už spomenuté. Napätie sa pohybuje od 1,85 V do 2,1 V. Olovené akumulátory sa skladajú zo šiestich samostatných článkoch. Na Obr. č. 5 vidíme prierez tohto akumulátora. Elektrolytom je kyselina sírová H₂SO₄, kladná elektróda je z oxidu olovičitého - PbO₂ a záporná elektróda je z olova Pb. Chemická reakcia pre na katóde (+) je popísaná touto rovnicou:



Chemická reakcia na anóde (-) je popísaná:



Celková chemická reakcia:



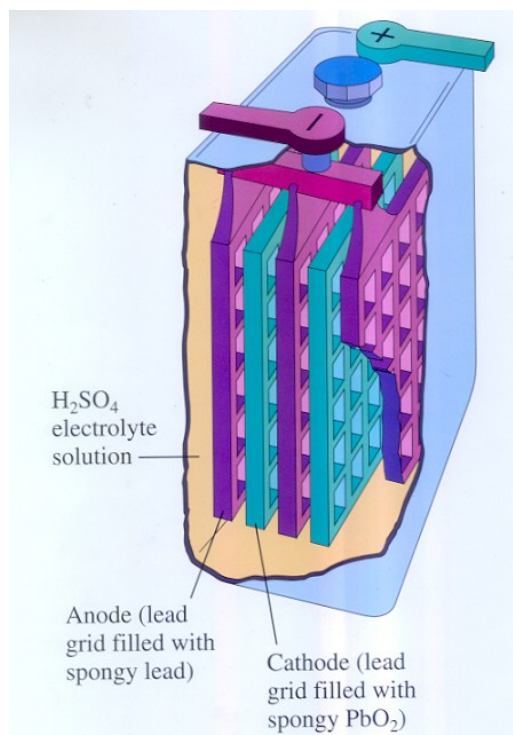
Jednotlivé indexy znamenajú : s – pevné skupenstvo

aq – vodný roztok

l – kvapalné skupenstvo

Na kladnej elektróde je v nabitom stave PbO₂ . Pri vybití vznikne síran olovnatý PbSO₄ a rovnako vznikne aj na zápornej elektróde, čo vidíme na celkovej reakcii. Pri nabití musíme postupovať opačne ako pri normálnej elektrochemickej reakcii vplyvom vonkajšieho elektrického napätia. Dané chemické reakcie zostávajú, akurát prebiehajú sprava doľava.

Vybitie a nabitie sa považuje za jeden cyklus. Olovené akumulátory dokážu zvládnuť týchto cyklov stovky. [21]



Obr. č. 5 Prierez oloveného akumulátora [19]

3.1.2 Nikel – kadmiové akumulátory

Tieto akumulátory patria medzi alkalické akumulátory. Napätie je 1,4 V, čo umožňuje veľké využitie. Elektrolytom je hydroxid draselný KOH, katóda tvorí hydroxid nikelnatý Ni(OH)_2 a anódu tvorí kadmium Cd. Medzi elektródami sú separátory. Tie slúžia na oddelenie elektródového systému a zároveň slúžia ako nosiče elektrolytu.

Tento typ akumulátorov má nevýhody. Jedna z nich spočíva pri nabíjaní. Všetko je v poriadku až do kým sa úplne nenabije. Po úplnom nabití nastáva prebíjanie. Pri prebíjaní sa rozkladá elektrolyt. Ďalej dochádza k elektrolyze vody, kvôli tomu vzniká kyslík na katóde a vodík na anóde. V prípade neuzavretých akumulátorov sú tieto plyny odvádzané do okolia ale pri uzavretých akumulátoroch sa pri prebíjaní využíva viazanosť kyslíka uvoľňujúceho z kladnej elektródy na zápornú elektródu. Tento dej sa volá rekombinácia. V praxi sa musí doceliť to, že na zápornej elektróde sa bude viazať uvoľnený kyslík. Toto spôsobíme

jednoducho, zväčšíme kapacitu anódy. Takto zabránime prebíjaniu. Výhody Ni – Cd akumulátorov sú napr. vysoká životnosť a spoľahlivosť, rýchle dosiahnutie nabitého stavu, teplotný rozsah od -40 do + 70 °C, konštantný výkon. Medzi nevýhody patria napr. rýchly skok napätia na konci vybíjania, elektróda je z kadmia (kadmium je považované za škodlivú látku pre životné prostredie). V dnešnej dobe sa už moc nepoužívajú práve kvôli tejto nevýhode. Namiesto týchto akumulátorov sa používajú nikel – metalhydridové akumulátory Ni – MH. Výhodou je väčšia kapacita z článku rovnakých rozmerov a hlavne pre ekologov menej náročné na životné prostredie. Nevýhodami sú napríklad vyššia cena a menší teplotný rozsah oproti Ni – Cd. Ďalšou nevýhodou je malá účinnosť udržania elektrickej energie, čiže sa samovoľne vybíja. [21]

3.1.3 Testovanie reťazcov alebo samotných bateriek

UPS s ľahko prístupnými baterkami sú schopné izolovať a testovať jednu baterku z jednotlivého reťazca. Nainštaluje sa prepojka, vybije sa daná baterka, čiže sa otestuje ale zatiaľ zvyšok reťazca je plne nabitá a pripravená pri prerušení dodávky dodať elektrickú energiu do záťaže. Testovanie nejde len pomocou prepojky ale ide ju merať aj pomocou priebežných vodičov snímača, ktoré sú nainštalované v každej baterke, a sú sledované spoločne ale i samostatne. Reťazce bateriek môžu byť zapojené v sérii alebo paralelne, preto treba sledovať tok prúdu medzi paralelne zapojených reťazcov, pretože prúd môže vyrovnávať účinky slabších alebo nefunkčných bateriek. Napríklad môže viesť cez postihnuté baterky kým nie sú vyrovnané. [6]

3.1.4 Baterky v sériovom a v paralelnom spojení

Baterky sa majú svoje z výroby stanovené parametre. Pri ich spojení do série alebo paralelne dosiahneme zväčšenie z jedného parametrov.

Do série baterky spájame vtedy, keď chceme zväčšiť napätie. Pôvodné napätie pre jednu baterku je 2 V, poprípade 4 V, 6 V či 12V. Kapacita celkového reťazca sa rovná kapacite jednej baterky. Do tohto zapojenia môžeme spájať len rovnaké typy bateriek s rovnakou

kapacitou a musia byť v rovnakom roku vyrobené. Baterka má kladný a záporný pól. Dve baterky sa spájajú tak, že z jednej baterky kladný pól spojíme s druhou baterkou na záporný pól.

Paralelné spojenie využívame k zvýšeniu kapacity bateriek. Výhodou tohto zapojenia je výmena starej alebo nefunkčnej baterky bez toho, aby došlo k prerušeniu napájania. Napätie v reťazci sa rovná napätiu jednej baterky. Dve baterky spojíme tak, že kladné póly spojíme spolu. Baterky možno spojiť za predpokladu rovnakého typu a rovnakého menovitého napätia. Nedoporučuje sa zapájať paralelne viacej ako dve baterky, pretože vzrastá celkové a vstupné náklady, taktiež sa zvyšujú nároky na údržbu a klesá spoľahlivosť systému. [7]

3.1.5 Séria sériové / paralelné batérie interakcie

V baterkových reťazcoch zapojené sériovo paralelne sa môže vzniknúť neobvyčajné vypovedanie režimu pre interakciu. Nefunkčné baterky v danom reťazci môže nepriaznivo zapôsobiť prevádzku a životnosť dobrých alebo nových bateriek v inom reťazci.

Uvedieme si danú situáciu, kde budeme mať radu dobrých bateriek a jedna bude v skrate alebo nefunkčná:

- Disfunkčná baterka maximálne rozvinuté napätie zníži pre danú radu
- Zvyšné reťazce zapojené paralelne s postihnutým reťazcom bude viesť napätie degradovaným reťazcom až do vtedy, kým nebude vyrovnané napätie. Toto vedie k prebývaniu a elektrolyt sa zavarí a dochádza k odplyneniu z dobrých bateriek v postihnutom reťazci. Preto tieto baterky nebudú úplne nabité a dôjde k zníženiu kapacity a to znamená k znehodnoteniu bateriek.
- Nabíjačky sa pokúsia odhaliť reťazec meraním celkového napätia. Kvôli vyrovnávaciemu napätiu môžu nabíjačky považovať reťazec vybitý a tak bude ďalej dodávať elektrický prúd do bateriek, nastane prebývanie a poškodenie celého reťazca, kde sa nachádza zlá baterka.
- Ak sú použité olovené akumulátory, vplyvom neschopnosti sa plne nabiť, začnú vypúšťať síran. Pri nájdení a vymení zlej baterky vypúšťanie síranu môže pokračovať aj naďalej.

Tomuto problému sa dá predísť, tak, že oddeliť paralelné baterkové polia a použiť regulátory nabíjania a striedače samostatné pre jeden baterkový reťazec. [6]

3.1.6 Sériá nové / staré batériové interakcie

Nerovnakosť bateriek v reťazci, čo sa týka roku výroby spôsobí negatívne interakcie. Staršie baterky stratili svoju maximálnu kapacitu, preto budú skôr vybité ako nové baterky s plnou kapacitou. Rovnako pri nabíjaní, pokiaľ staršia baterka bude už nabitá, nové baterky s menovitou kapacitou sa úplne nedobije.

Pri vybíjaní zmiešaný reťazec má nejaké napätie, keďže staré baterky majú menšiu kapacitu budú vybité rýchlejšie ale nové baterky majú ešte stále energiu. Nové baterky môžu byť vybíjané cez zvyšok reťazca, ale toto napätie je nízke, preto tento tok energie môže byť neužitočná, a môže spôsobiť v starých baterkách ako odporový ohrev. Staré baterky sa môžu úplne vybiť a tým sa zmenší kapacita.

Dobíjanie takisto spôsobuje interakcie. Staré baterky sa rýchlo nabijú ale nové ešte úplne nie sú nabité. Regulátor začne obmedzovať prúd pre plne nabitý stav. Nové sa nabíjajú ale pomaly, až tak pomaly že chemikálie začnú kryštalizovať pre dosiahnutím stavu plného nabitia. Následkom tohto sa zníži kapacita počas niekoľkých cyklov vybitia a nabitia kým sa nevyrovná kapacita nových a starých bateriek. Preto pre správny chod UPS dochádza k výmene celého reťazca bateriek. [7]

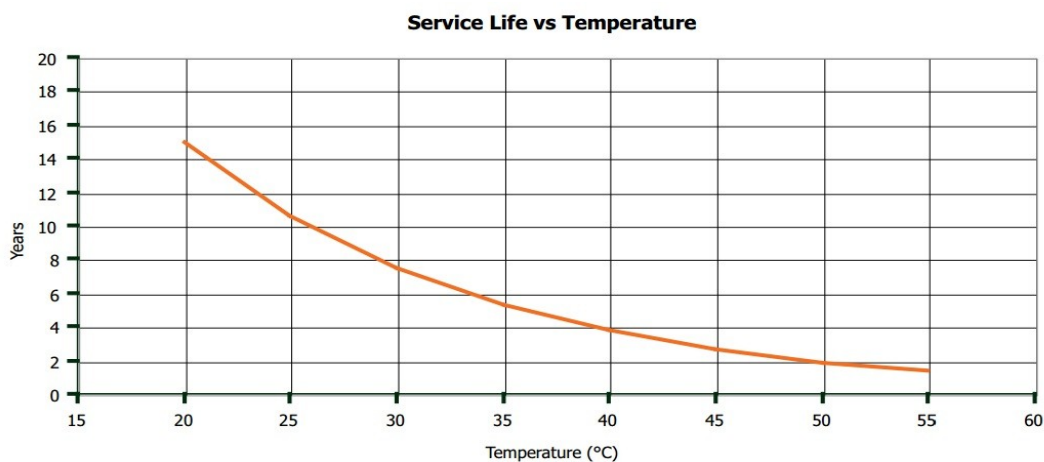
3.2 Super kondenzátory

Zvládnuť výrobu kondenzátora s malými rozmermi a zároveň s veľkou kapacitou je technicky náročné. K nestálemu uskladneniu elektrickej energie pomocou kondenzátorov sa zaoberali už dávnejšie, no hotová idea v praxi bola z realizovaná až v blízkej minulosti. Tieto kondenzátory sa nazývajú super kondenzátory. Ich výkon sa nepohybuje v jednotkách, v desiatkach ale až stovkách či tisícoch faradov a ich vnútorný odpor je veľmi nízky. Ich rozmery sú rôzne. Pre menšie kapacity majú kondenzátory tvar vankúšika s radiálnymi vývodmi. Väčšie kapacity sú podobné jednému galvanickému článku čo predstavuje baterka. Spojenie viacerých kondenzátorov sa vytvárajú väčšie moduly. Stavba týchto super kondenzátorov je oproti klasickým doplnená tenkým separátorom medzi elektródami a elektrolytom, ktorý má v sebe jemné zrnka aktívneho uhlíku. Vo vývoji je kondenzátor

s uhlíkovými nanotrubicami, ktoré by zvýšili kapacitu vďaka svojmu väčšiemu povrchu. Na jednej strane veľká kapacita ale na druhej strane vysoká výrobná cena.

Super kondenzátory sa musia zostavovať v sérii kvôli nižšiemu prieraznému napätiu. Pohybuje sa od 1,2 až 3V. Dôvodom tohto zníženia napätia oproti klasickým elektrolytickým kondenzátorom je fakt, že kapacita v pomere k objemu a k hmotnosti sa zvýšila takmer stokrát.

V porovnaní s elektrochemickými článkami majú super kondenzátory viac výhod ako nevýhod. Základná nevýhoda je tá, že ich energia je zhruba desaťkrát menšia na jednotku hmotnosti. Ďalšia nevýhoda spočíva vo veľkých zmenách napätia pri cykle (nabitie a vybitie), preto sa používajú veľké bloky v kombinácii so spínacími zdrojmi, ktoré majú za úlohu vytvoriť konštantné výstupné napätie. Obrovské výhody sú v životnosti, pri poklese 10 % zo svojej maximálnej kapacity dosahuje životnosť až desiatky rokov. Ďalšou veľkou výhodou je cyklus nabitia a vybitia. Nielenže sa dokážu nabiť za pár sekúnd, no super kondenzátory zvládajú milióny úplných cyklov. Účinnosť uchovania energie sa pohybuje na 95 %. Prepínanie z režimu dobíjania na režim vybíjania pri akumulátoroch trvá dosť dlho aby bola využitá rekuperácia. Rekuperácia je pojem, definovaný ako premena pohybovej energie na elektrickú. Akumulátory dosahujú s touto premenou malú účinnosť kvôli spomínanému dlhému prepínaciu času. Rekuperácia so super kondenzátormi tvoria dokonalú dvojku, je mu jedno kedy a koľko energie prijme či vydá a to s rovnakou účinnosťou. Ďalšou výraznou výhodou oproti sekundárnym elektrochemickým článkom je nezávislosť na teplote. Na Obr. č. 6 vidíme závislosť životnosti na teplote. Vidíme, že s nárastom teploty exponenciálne klesá životnosť, vidíme aj že pri teplotnom rozdieli $\Delta\theta = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ sa zníži životnosť približne o 13 rokov, čo predstavuje zhruba 87 % pokles.



Obr. č. 6 Závislosť životnosti akumulátora na teplote. [16]

Preto sa super kondenzátory používajú ako štartovací zdroj pre autá v arktických klimatických pásmach. [4], [5]



Obr. č. 7 Super kondenzátory a super kondenzátorové bloky od Maxwell Technologies [15]

3.3 Palivové články

Palivový článok je zariadenie, ktoré premieňa pomocou elektrochemickej reakcie postupne privádzané palivo na elektrickú energiu. Privádzané palivo môže byť zo všetkých troch skupenstiev. Z plynných látok je to najmä vodík H_2 , z kvapalného skupenstva to môže byť metanol CH_3OH ale aj ďalšie zložité alkoholy a nakoniec tuhé látky sú väčšinou kovy a to sodík Na, horčík Mg, zinok Zn alebo kadmium Cd. Palivový článok sa skladá z dvoch elektród, ktoré sú oddelené membránou alebo elektrolytom. Palivo označujeme v reakcii ako činidlo ktoré sa privádza na anódu, na katódu je privádzane okysličovadlo, väčšinou je to kyslík. Aktívna látka na anóde oxiduje a za účasti katalyzátoru uvoľňuje jeden alebo viacero elektrónov z valenčnej sféry a následne tieto elektróny sa presunú ku katóde, kde okysličovadlo, väčšinou kyslík O_2 redukuje, čiže prijíma elektróny z anódy a vzniká voda a elektrický prúd. Ak je privádzané

palivo a aj okysličovadlo zároveň, môžeme hovoriť o nekonečnej elektrickej energii. V prípade prerušenia jednej látky, výroba elektrického prúdu má deficit elektrónov a nemôže prebiehať reakcia. Princíp palivového článku môžeme vidieť na *Obr. č. 8*.

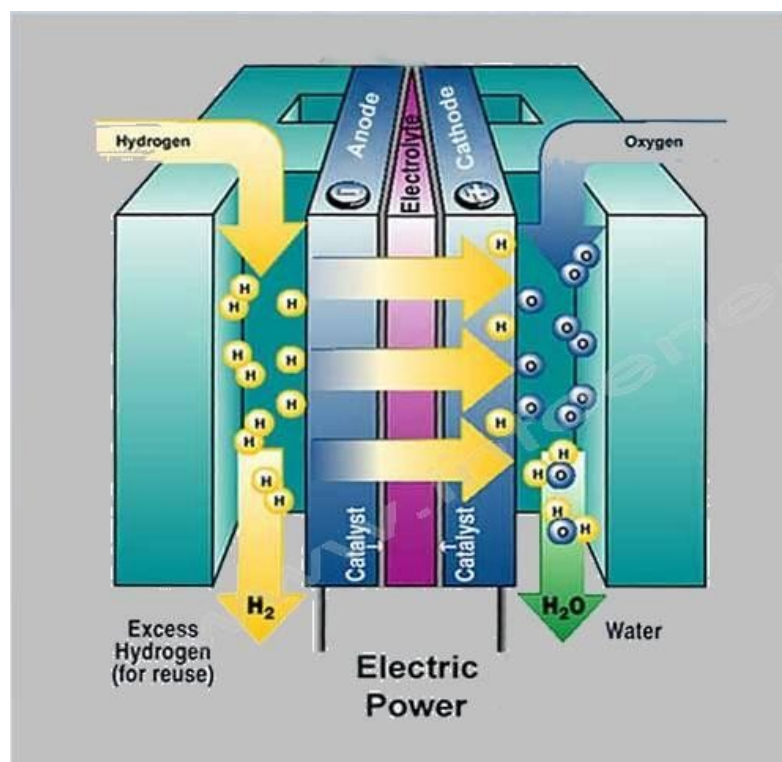
V dnešnej dobe sa sústreďujeme na vodíkové palivové články. Začínajú sa testovať v priemysle, či už v automobilovom alebo vojenskom. Pre dopravu ľudí sa používajú v autobusoch a autách. Vo vojenskom prostredí sa využívajú v ponorkách, kde je napájaný čistý vodík H_2 a čistý kyslík O_2 . Pre ponorky sú vodíkové palivové články atraktívne nízkou hlučnosťou a infračervenému značeniu. Je to logická náhrada batérií používaných na pohon.

Výhody palivových článkov :

- Pri použití čistého vodíku nevznikajú emisie a pri plynnej reformačnej zmesi bohatej na vodík, vznikajú emisie no výrazne sú nižšie ako emisie klasických motorov s vnútorným spaľovaním.
- Pracujú s vyššou termodynamickou účinnosťou ako tepelné motory, ktoré premieňajú energiu na teplo a to koná prácu.
- Vydávajú väčšiu účinnosť a menšie zmeny účinnosti, kvôli stálej účinnosti jednotlivých „dielov“ bez ohľadu na veľkosť.
- Môžu byť použité v kogeneračných aplikáciách, navyše vyrábajú teplú vodu a teplo, čo sa môže využiť pre domácnosti.
- Nevyžadujú dobíjanie, no vyžadujú dodávku paliva.

Nevýhody palivových článkov:

- Ohľadom na výrobu a uskladneniu čistého vodíka.
- V automobilovom priemysle vzniká voda, ktorá môže spôsobiť nevratnú zničujúcu expanziu pri vystavení mrazu, preto musí byť pri studenom počasi buď dokonale odstránená alebo musia byť stále vyhrievane.
- Ako katalyzátor sa používa platina, ktorá je veľmi drahá.
- Majú pomerne dosť veľkú hmotnosť.
- Pri použití protónových membrán sa musia udržať vlhké, v prípade vyschnutia membrán dôjde k poškodeniu [2], [14]



Obr. č. 8 Princíp palivového článku [14]

4 Základné body pri výbere UPS

UPS musia byť zaistené pred nebezpečnosťou elektrického, tepelného alebo neelektrického charakteru. Toto je požadované z normy *ČSN EN 50091-1-1 (36 9065): 1998 Zdroje nepretršovaného napájení (UPS) – Část 1-1: Všeobecné a bezpečnostní požadavky pro UPS používané v prostorách přístupných obsluze* a *ČSN EN 50091-1-2 (36 9065): 1999 Zdroje nepretršovaného napájení (UPS) – Část 1-2: Všeobecné a bezpečnostní požadavky pro UPS používané v prostorách s omezeným přístupem*.

Taktiež technické požiadavky na výrobky s ohľadom na ich elektromagnetické kompatibility, ktoré prikazujú limitovanie emisií elektromagnetického rušenia a aj rezistenciu tohto rušenia na okolie. Toto zabezpečuje norma *ČSN EN 50091-2 (36 9065):1997 Zdroje nepretršovaného napájení (UPS) – Část 2: Požadavky EMC*.

Ak chceme aby sme si vybrali správny UPS, budeme sa riadiť týmito piatimi bodmi:

4.1 Topológia

Prvá otázka je, aký model chceme aby daný UPS bol. Ako už bolo spomenuté na výber sú tri typy. Odpoveďou môže byť otázka, aká by mala byť energetická účinnosť, ktorá sa sťahuje na ochranu zariadení. Jednoducho môžeme povedať, že :

- Off-line: výhody tohto typu sú vysoká účinnosť, malé rozmery a nízka cena no používajú sa len pre osobné počítače.
- On- line: veľký výkonový rozsah od jedného až po desať kilo voltampér, Nábehový čas je nulový. Vhodný pre nemocnice, priemyslové parky, všeobecne pre zariadenia kde ide o život.
- Line – interactive: vysoká efektívnosť, nízka cena. Dôležitou súčasťou je inverter, ktorý výrazne znižuje nábehový čas oproti typu off-line. Výkon od päťsto až do tisíc štyristo voltampéra. [6], [7], [8]

4.2 Výkon a stav

Základnou otázkou je, aký výkon potrebujeme? Jednofázový alebo trojfázový? Pre väčšie výkony použijeme trojfázové a pre menšie jednofázové. Menšie výkony berieme do úvahy menej ako dvadsaťtisíc voltampérov.

Druhým bodom je súčasný stav. Týmto pojmom sa rozumie, že koľko spotrebičov a s akým zdanlivým výkonom má UPS chrániť. Postupujeme nasledovne:

- 1, Urobíme si zoznam zariadení.
- 2, Zistíme, koľko voltampérov odoberá každé jedno zariadenie.
- 3, Sčítame všetky tieto zdanlivé výkony
- 4, Vynásobíme túto sumu 1,2x

Pri zisťovaní zdanlivého výkonu odčítame tieto hodnoty zo štítkov zariadení. Ak budú napájané motory s frekvenčným meničom treba zvýšiť hodnotu výkonu. [6], [7], [8]

4.3 Tvar

Na výber máme dva tvary a to zásuvný alebo voľne stojacie UPS. Závisí to skôr od veľkosti miestnosti a priestoru. [6], [7], [8]

4.4 Funkcie

UPS nie je lacná položka, preto sa môžeme pozrieť do budúcnosti a rozmyslieť si, či náhodou nebudeme potrebovať väčší počet spotrebičov. To znamená, že bude väčší inštalovaný výkon a že budeme potrebovať zvýšiť počet funkcií. Tieto funkcie by zabezpečilo viacero UPS a to v troch základných architektúrach:

- a) Zóna : v zóne architektúry, jeden alebo viacero UPS poskytuje špecializovanú podporu pre určitý súbor dát, jednoducho rozdelíme spotrebiče na viaceré časti a tak sa použije viacero UPS.
- b) Séria : v tejto architektúre sú viacero UPS spojené za sebou tak, že ak jedno UPS zlyhá, ostatné ho automaticky vykompenzujú.
- c) Paralelná : Paralelná architektúra dosiahne to, že pri výpadku jedného UPS zvyšné systémy môže ochrániť druhý UPS. [6], [7], [8]

4.5 Doba napájania

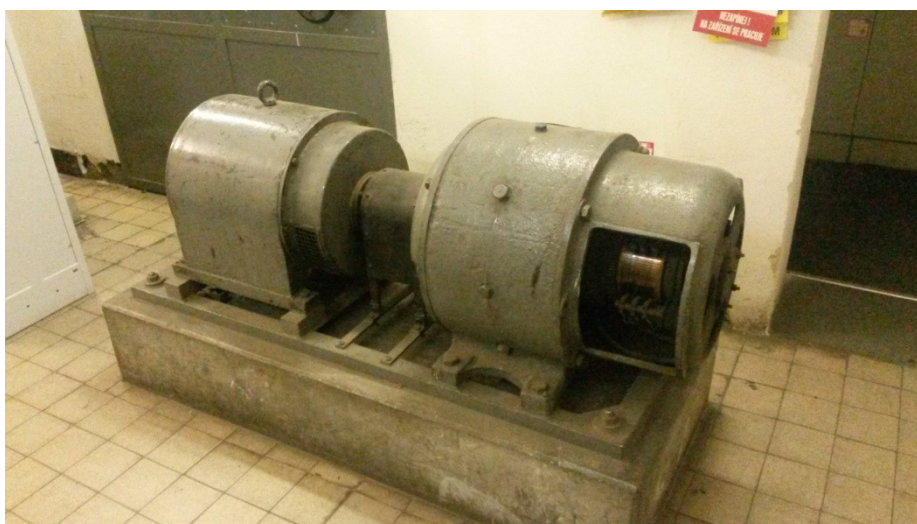
Je to najdôležitejšia časť z UPS. Tento bod môžeme rozobrať v dvoch odvetviach, s ktorými môžeme považovať jeden záver. Prvé je že potrebujeme dostávajúcu uschovanú energiu na udržanie chodu siete (kapacita musí byť o niečo väčšia ako inštalovaný výkon), toto závisí na množstve batérií s danou kapacitou čiže závisí to od finančných prostriedkov. Druhé je, že o akú dobu napájania sa jedná ale zasa to závisí od kapacity batérií a tak aj na počiatočných investíciách. [6], [7], [8]

4.6 Softvér a komunikácia

Nielen tú silovú časť musíme zohľadniť pri výbere ale aj tú slaboprúdovú, čiže softvér. Pri UPS by bolo zbytočne zdĺhavé mať pripojené meracie prístroje a sledovať stav batérií. Toto všetko môže robiť za nás softvér. Komunikácia je tiež dôležitá a to z toho dôvodu, že potrebujeme prepojiť UPS s počítačom v ktorom je daný softvér. Prepojenie zariadení je rozobrané v kapitole vyššie. [6], [7], [8]

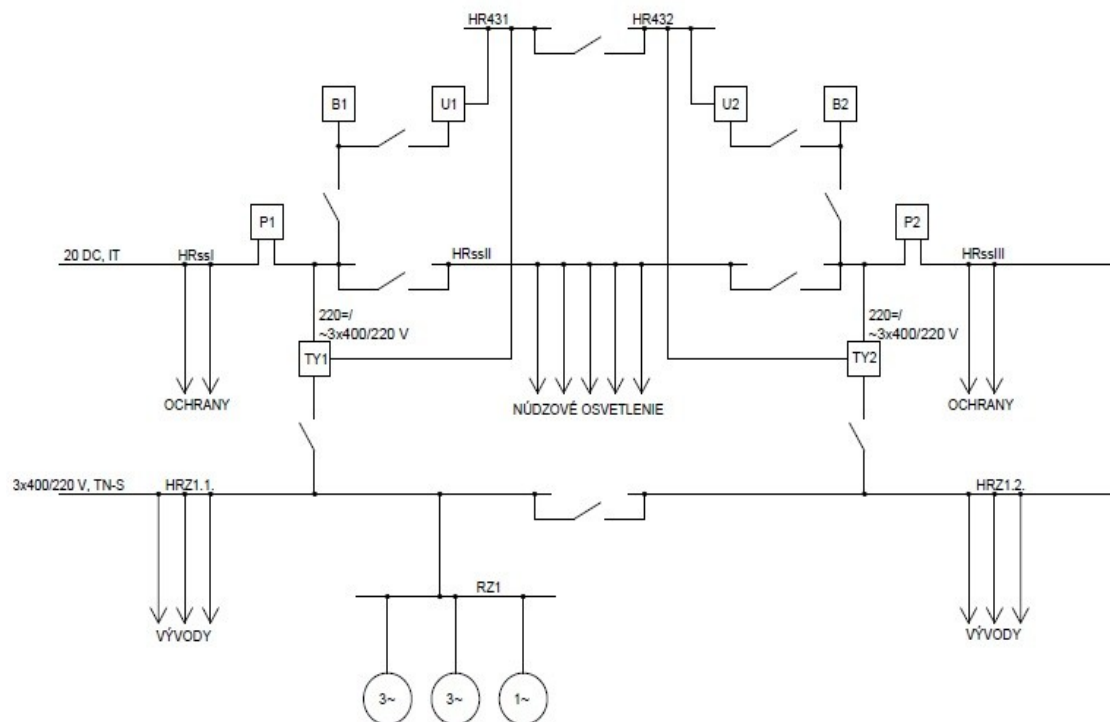
5 Aktuálny stav

Aktuálny stav bude rozborom aktuálneho stavu záložného systému teplárne v Českej republike v meste Karviná v akciovej spoločnosti a.s. Veolia Česká republika. Blokovú schému zapojenia možno vidieť na *Obr. č. 10*. Záložná sieť sa skladá zo štyroch sériových usporiadaní bateriek B1 a B2, usmerňovača U1 a U2, striedača (tyristat) TY1 a TY2 a v prípade zlyhania systému napájania z bateriek je použité dynamo, vid' *Obr. č. 9*.



Obr. č. 9 Záložný zdroj – dynamo

Usmerňovač a striedač sú značky Beninng. V záložnom systéme sú inštalované olovené baterky. Ich parametre sú uvedené v *Tab. 1*. Baterky sú nepretržite napájané usmerňovačom, teda sú v pohotovostnom režime. Napájame ich napätím $U_{NAB} = 2,25 \text{ V/čl.}$ Dve série bateriek majú po 108 článkov. Prepojené sú spojkami pomocou skrutiek, utiahnuté silou $F = 20 \text{ Nm}$. Sú uložené v odvetrávanej miestnosti. Položené sú na podstavcoch v dvoch radoch. Podlaha je kyselinovzdorná a rovná. Konštrukcia jednotlivých bateriek je s (+) trubkovými elektródami (pancierové). Keďže sú v sérii, vytvárajú jednosmerné napätie o hodnote $U = 243,2 \text{ V}$, ktoré bolo zmerané voltmetrom, vid' *Obr. č. 11*. Ich kapacita zostáva na hodnote $350 \text{ A}\cdot\text{h}$.



Obr. č. 10 Bloková schéma zapojenia záložného systému

Tieto dve polia slúžia na núdzové osvetlenie a na napájanie niektorých 3-fázových a 1-fázových motorov. Obidve polia sú spojené tak, že medzi nimi sú istiacie prvky (ističe, poistky, stýkače). V napájaní pre núdzové osvetlenie nemôže nastať, že pri súčasnom chode jednej i druhej série by sa dve napätia „bili“. Preto sú medzi ne vložené diódy, ktoré nám tomuto stavu zabráňujú. Diódy prepúšťajú iba jeden smer, čiže sú zapojené tak aby napätie nešlo do druhej baterky ale aby šlo do záťaže.

Tab. 1 Parametre inštalovaných bateriek 1. a 2. Série

Séria	Nominálne napätie na článku a napätie pri teplote 20°C U_N / U_{BAT} [V]	Počet článkov N [-]	Napätie v sérii U_{SERIA} [V]	Kapacita C [A·h]	Rok výroby [-]
1.séria	2/2,25	108	243	350	12/2004
2.séria	2/2,25	108	243	350	11/2001
3. séria	12/12,25	2	24,5	100	08/2007
4. séria	12/12,25	2	24,5	100	05/2006

Jedna séria, ďalej označovaná BS1 (prvá baterková séria) má svoju nabíjačku na hodnoty 243V=50A a svoj tyristat, ktorý slúži na napájanie technologického systému.

Druhá séria, ďalej označovaná ako BS2 (druhá baterková séria) má takisto svoju nabíjačku na hodnotu 240 V=48 A a aj svoj tyristat.

Namiesto vybijajúcich odporov sú inštalované proti články. Tieto proti články slúžia na zníženie nominálneho napätia na výstupe z jednosmerného rozvádzača, pretože napätie z bateriek môže kolísať a my potrebujeme konštantné výstupné napätie $U_{VYS} = 230V$. Proti články majú BS1 a BS2 spoločné.

Tretia a štvrtá séria je zložená z dvoch 12 V bateriek. Kapacita týchto bateriek je 100 A·h a boli vyrobené v roku 2007. Tieto baterkové polia používajú na signalizáciu stavu spínacích prvkov v rozvodni 6 kV. Taktiež sú uložené v odvetranej miestnosti na podstavci v jednom rade s kyselinovzdornou podlahou. Tieto dve série nemajú proti články.



Obr. č. 11 Nameraná hodnota napätia U_{VYS} na jednej sérii bateriek

5.1 Kapacitné skúšky

Dané skúšky môže vykonávať špecializovaná firma na danú problematiku a len pri odstávke. Z dôvodu nutnej odstávky, tieto kapacitné skúšky neboli zrealizované. V kapitole sa opíše postup pri skúškach.

Kapacitné skúšky sa vykonávajú pri konštantnej teplote elektrolytu $+ 20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Batérie sa vybíjajú ustáleným prúdom vypočítaný podľa rovnice (2) bez prerušenia do poklesu napätia U_{MIN} 1,80 V na článok.

$$I_{vyb} = 0,1 \cdot C_{10} \pm 1\% \text{ [A]} \quad (2)$$

Najskôr sa plne nabijú baterky, plne nabitý stav sa zistí tak, že pri nabíjaní bateriek sa počas dvoch až štyroch hodín napätie nemení. Pred začatím a počas vybíjania sa každú hodinu meria napätie, mernú hmotnosť a teplotu jedného článku až do poklesu napätia $U = 1,85\text{ V}$. Potom sa merajú v kratších intervaloch 15 minút, 10 minút a 5 minút až do poklesu napätia U_{MIN} . Toto meranie sa zakončí znova nabitím danej vybitej série. Takto sa postupuje pri všetkých štyroch baterkových poliach. [22]

5.1.1 Výpočet A·h kapacity akumulátora

Výpočet sa prevádza z nameraných hodnôt prúdu, ktorý ide do záťaže a dobe vybíjania. Tieto hodnoty boli zmerané pri zaťažovacích skúškach firmou Kumer – Prag spol s.r.o..

Tab. 2 Namerané hodnoty pre BS1 a BS2

Teplota elektrolytu ϑ	Prúd tečúci do záťaže I_Z	Doba vybíjania t
[°C]	[A]	[hod]
21	60	0,5

Pri výpočte kapacity baterky sa použije vzorec:

$$C_{\vartheta} = I_Z \cdot t \quad (3)$$

kde:

C_{ϑ} ... kapacita akumulátora [A·h],

I_Z ... vybíjací prúd do záťaže [A],

t ... doba, za ktorú klesne napätie na $U_{\text{MIN}} = 1,80 \text{ V}$ [hod],

a kapacita sa udáva pri nominálnej hodnote teploty, to je $\vartheta = + 20 \text{ °C}$:

$$C_{20} = \frac{C_{\vartheta}}{1 + 0,008 \cdot (\vartheta - 20)} \quad (4)$$

kde:

ϑ ... teplota elektrolytu [22]

Pre namerané hodnoty výpočet bude nasledovný:

1. Dosadia sa do rovnice (3) parametre pre baterky a vypočíta sa kapacita akumulátora pri zmeranej teplote elektrolytu

$$C_{\vartheta} = I_Z \cdot t = 60 \cdot 0,5 = 30 \text{ A} \cdot \text{h}$$

2. Vypočítanú kapacitu sa dosadí do rovnice (4) a vypočíta sa kapacita pri nominálnej teplote :

$$C_{20} = \frac{C_9}{1 + 0,008 \cdot (\vartheta - 20)} = \frac{30}{1 + 0,008 \cdot (21 - 20)} = 29,76 \text{ A} \cdot \text{h}$$

Uvedený výpočet nepoukazuje na celkovú kapacitu bateriek, pretože sa nemeralo až do napätia U_{MIN} . Zmerala sa vlastne potrebná kapacita, na dobu výpadku $t = 0,5$ hod pri spotrebe $I_z = 60\text{A}$.

5.1.2 Výpočet skratového prúdu akumulátora

Pre výpočet tohto parametra treba vedieť vnútornú rezistenciu jedného článku, nominálnu kapacitu a napätie článku. Skutočný skratový prúd je závislý na konštrukcii akumulátora, stupňa jeho nabitia, roku výroby, teploty elektrolytu a ostatných faktoroch.

Najskôr treba vypočítať elektrický odpor článku. Ten sa vypočíta podľa vzťahu (5):

$$R_{\text{čl}} = \frac{R_i}{C_N} \quad (5)$$

kde:

$R_{\text{čl}}$... elektrický odpor článku [Ω],

R_i ... vnútorný odpor baterky [Ω],

C_N ... nominálna kapacita [$\text{A} \cdot \text{h}$].

Skratový prúd je definovaný ako podiel napätia a elektrického odporu článku. Hodnotu skratového prúdu je určená z rovnice (6):

$$I_{\text{skr}} = \frac{U_{\text{čl}}}{R_{\text{čl}}} \quad (6)$$

kde:

I_{skr} ... skratový prúd [A],

$U_{\text{čl}}$... nominálna hodnota napätia [V], [22]

Pre inštalované baterky SONNENSCHN 5 OPzV 350 A 602/350 je vnútorný odpor $R_i = 0,3 \Omega / A \cdot h$. Potom elektrický odpor baterky je:

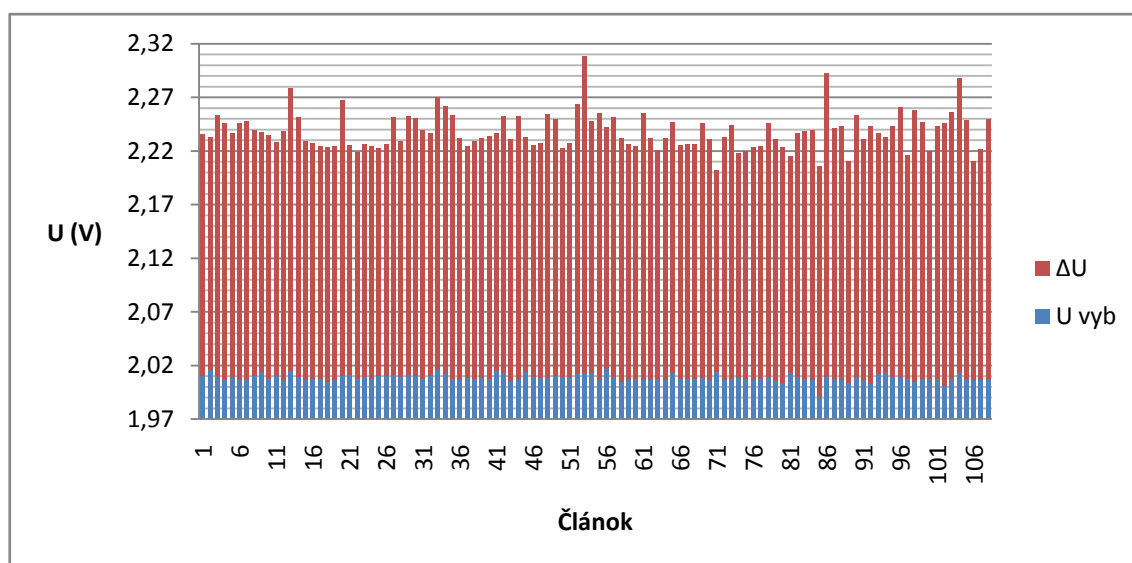
$$R_{cl} = \frac{R_i}{C_N} = \frac{0,3}{350} = 0,857 \text{ m}\Omega,$$

a skratový prúd je:

$$I_{skr} = \frac{U_{cl}}{R_{cl}} = \frac{2}{0,857 \cdot 10^{-3}} = 2333,72 \text{ A}$$

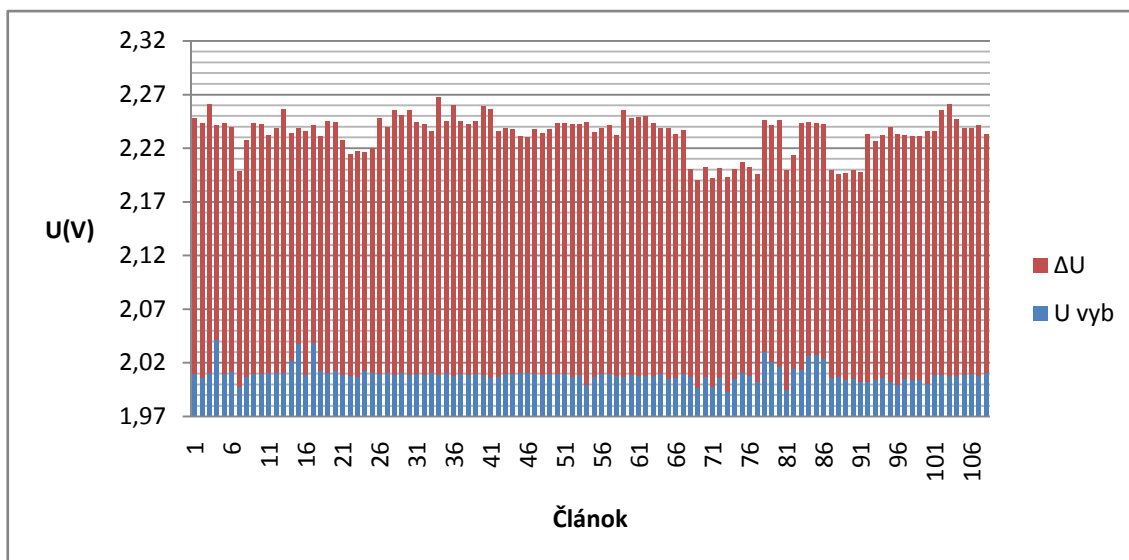
5.2 Zát'azové skúšky

Zát'azové skúšky boli vykonané 10.9.2014 špecializovanou firmou. Na *Obr. č. 14* je odfotený BS2. Hodnoty pre dané skúšky sú v *Tab. 2*. Vyhodnocovali sa jednotlivé baterky v BS1 a BS2. Pokles napätia z nabitého stavu do napätia po vybití je znázornený pre BS1 na *Obr. č. 12* a pre BS2 na *Obr. č. 13*. Modrou farbou je vyznačené napätie po vybití a červenou farbou je vyznačený úbytok z nabitého a vybitého napätia. Spolu tvoria napätie v nabitom stave.



Obr. č. 12 Napätie po a pred vybitím BS1

Celkové napätie z BS1 je $U_{BS1} = 241,91 \text{ V}$. Najslabším článkom s najnižším napätím je článok č. 85 s hodnotou napätia $U_{MIN\check{C}l} = 2,206 \text{ V}$ a najsilnejší článok je článok číslo 53. Jeho hodnota je $U_{MAX\check{C}l} = 2,308 \text{ V}$. V tomto BS1 neboli zistené žiadne zvady.



Obr. č. 13 Napätie po a pred vybitím BS2

U tejto BS2 je celkové napätie $U_{BS2} = 241,24$ V. S napätím $U_{MINČI} = 2,1$ V je článok číslo 69 najslabším článkom. S napätím $U_{MAXČI} = 2,268$ V článok číslo 34 je tým najsilnejším. Taktiež neboli zistené žiadne zvady.

Taktiež sa hodnotili usmerňovače. Bola prevedená vizuálna kontrola, ktorá do seba zahŕňa mechanický stav, povrchová úprava, šróbové spoje, konektory, výrobné štítky, poistky a signalizácia. Súčasťou záťažových skúšok boli funkčné testy, kde sa zmerali tieto parametre: striedavé napätie a striedavý prúd na vstupe pre všetky tri fázy a výstupné jednosmerné napätie a jednosmerný prúd. Presne namerané hodnoty týchto parametrov je možno vidieť v Tab. 3 a v Tab. 4.

Tab. 3 Namerané hodnoty usmerňovače pre BS1

Napätie na vstupe AC			Prúd na vstupe AC			Napätie na výstupe DC	Prúd na výstupe DC
U_{1f} [V]	U_{2f} [V]	U_{3f} [V]	I_{1f} [V]	U_{2f} [V]	U_{3f} [V]	U_{DC} [V]	I_{DC} [V]
404	405	405	25	24	25	242	50

Usmerňovač z BS1 nemal zistené žiadne zvady ale pre usmerňovač z BS2 bola nutná výmena filtračných kondenzátorov.

Tab. 4 Namerané hodnoty usmerňovače pre BS2

Napätie na vstupe AC			Prúd na vstupe AC			Napätie na výstupe DC	Prúd na výstupe DC
U_{1f} [V]	U_{2f} [V]	U_{3f} [V]	I_{1f} [V]	U_{2f} [V]	U_{3f} [V]	U_{DC} [V]	I_{DC} [V]
404	404	405	24	24	25	242	48



Obr. č. 14 Zobrazenie BS2

6 Riešenie daného problému

Posledná rekonštrukcia sa konala v rokoch 2002 a 2003, kedy boli dané do prevádzky BS1 a BS2 s usmerňovačmi U1 a U2. Od vtedy sa na záložný systém privesovali ďalšie a ďalšie záťaže. Z dlhodobého hľadiska majstri z firmy zaznamenali pri nabehnutí na záložný režim väčší úbytok napätia ako je dovolený. Tento problém nenastával vždy. Najväčší problém bol pri núdzovom osvetlení. Ako vidíme v *Tab. 5* sa pokúšali znížiť záťaž tým, že na núdzové osvetlenia použili úsporné svetelné zdroje. Ale i tak zaznamenali preťaženie jednosmernej siete.

Tab. 5 Namerané hodnoty prúdu do záťaže

Rozvádzač	Nameraný prúd (28.2.2012)	Nameraný prúd (19.4.2015)	Istenie v HRss3	Istenie v rozdávzači
	I [A]	I [A]	I_N [A]	I_N [A]
RS1	32,7	19,1	40	25
RS2	10,4	7,5	25	20
RS3	15,6	8	25	25
RS4	15,8	8	25	63
RS5	13,6	8,1	25	63
RS8	6,2	1,5	25	Nečitateľné
HR2	5,5	1,3	25	25
RS11	8,3	6,9	25	20
RS12	0,4	0,2	25	Nie je istič
BJM ss	1,3	1,9	25	10
CELKOM	109,8	62,5	265	251

Po dohode s vedením a majstrami došiel návrh na vyriešenie tohto problému. Najúčinnnejší možný návrh je ten, že bude vybudovaný nový záložný systém, ktorý by napájal len núdzové osvetlenie. Firma na túto rekonštrukciu vyhradila milión českých korún. Táto suma musí zahŕňať všetky náklady spojené na vytvorenie nového záložného systému.

Tab. 6 Približné ceny jednotlivých položiek a celková suma

Položka	Cena v Kč
Baterky s usmerňovačom	600 000
Inštalačný materiál	280 000
CELKOVO	880 000

Ako už bolo napísané, záložný systém musí mať svoje komponenty ako sú usmerňovač, tyristat a baterky. Firma Kumer – Prag spol s.r.o. vypracovala rozpočet pre dodávku bateriek s usmerňovačom. Jedná sa o olovené baterky typu 5 OPzV 350. Počet bateriek je 108. Ich nominálne napätie je $U_N = 2 \text{ V}$ a ich kapacita je $C_N = 350 \text{ A}\cdot\text{hod.}$ Usmerňovač je tyristový riadený značky Schuster typ D400G220/40 IU CONTROL. Usmerňovač a baterku vidíme na Obr. č. 15 a Obr. č. 16. Z Tab. 6 vidíme: baterky s usmerňovačom budú celkovo stáť cca 600 000 Kč. Ďalším komponentom je striedač. Využitý bude už inštalovaný, čiže táto položka odpadá. Samozrejme položky sú umiestnenie bateriek a inštalačný materiál ako rozvodné skrine, káble, ističe, poistky a stykače, v prípade potreby dobudovania ventilácie miestnosti. Tieto položky by sa mali zmestiť do sumy 280 000 Kč. Ďalšou neodlučiteľnou položkou je vykonaná práca. Táto položka sa nevyčísľila, pretože sa nevie kto toto dielo vykoná. Celkové investície bez práce teda sú 880 000 Kč.



Obr. č. 15 Usmerňovač značky Schuster [28] Obr. č. 16 Bateria typu 5 OPzV [29]

7 Záver

V praktickej časti boli vykonané len niektoré merania ako napríklad zaťažovacie skúšky bateriek, meranie elektrického napätia na baterkách a meranie elektrického prúdu, ktorý šiel do záťaže. Kapacitné skúšky akumulátorov nemohli prebehnúť, pretože by sme potrebovali odstávku uholnej teplárni a tá je naplánovaná až na 6. mesiac 2015. Zo záťažových skúšok je zrejmé, že problém nie je v nedostatočnej kapacite alebo kvôli starším baterkám. Práve naopak, tieto skúšky ukázali, že baterky sú na tom technicky dobre.

V riešení sa uviedlo, že z dlhodobého pozorovania záložný systém nepostačuje pre danú záťaž. Preto je uvedené riešenie ako nový baterkový systém, ktorý zabezpečí správny chod v záložnom režime. V budúcnosti sa bude s veľkou pravdepodobnosťou rozvíjať technológia a spolu s tým zvyšovanie odoberaného výkonu, z dôvodu automatizácií a podobne. Kvôli tomuto predpokladu je určite správne vytvorenie nového systému. Celkové náklady spojené s výstavbou nového záložného systému bez vykonanej práce by mohli byť okolo 880 000 Kč.

Literatúra:

- [1] ElektroTrh.cz, *Záložní zdroje UPS* [online], publikované dňa 4.11. 2011, <<http://www.elektroprumysl.cz/cs/elektricke-a-zalozni-zdroje-energie/zalozni-zdroje-ups>> [citácia 16.2. 2015]
- [2] Doležel, I., *Palivové články - princip, konstrukce, vlastnosti a využití* [online], <<https://www.powerwiki.cz/attach/APE/palivo.doc>> [citácia 8.3. 2015]
- [3] *Applipower* [online], c2010, <<http://applipower.sk/1/ups-zdroje-nepretrziteho-napajania.html>> [citácia 16.2. 2015]
- [4] Elektronovinky.cz, *Superkondenzátor* [online], publikované dňa 4.4. 2014, <<http://www.elektronovinky.cz/soucastky/superkondenzator>> [citácia 8.3. 2015]
- [5] Černý, M., *Superkondenzátory místo akumulátorů?* [online], publikované dňa 29.9. 2014, <<http://robodoupe.cz/2014/superkapacitory-misto-akumulatoru/>> [citácia 8.3.2015]
- [6] Wikipedia, *Uninterruptible power supply* [online], publikované dňa 21.4.2015, <http://en.wikipedia.org/wiki/Uninterruptible_power_supply> [citácia 16.2. 2015]
- [7] Wikipedia, *Zdroj neprerušovaného napájania* [online], publikované dňa 29.8.2014, <http://en.wikipedia.org/wiki/Uninterruptible_power_supply> [citácia 16.2. 2015]
- [8] *Backup Power Source* [online], c2015, <<http://backuppowersource.com/bps/index.php?/site/>> [citácia 17.2. 2015]
- [9] *UPS Basics*, Raleigh: Eaton's Power Quality Solutions [online] , 2011. 14 s., <<http://powerquality.eaton.com/About-Us/news-events/whitepapers/default.asp?cx=3&wtredirect=www.eaton.com/pq/whitepapers>>
- [10] American Power Conversion Corp, *The Different Types of UPS Systems* [online], publikované dňa 28.10. 2004, <http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1272971> [citácia 17.2. 2015]

- [11] Žáček, J., *Zdroje nepřerušovaného napájení – UPS* [online], publikované dňa 2011, <<http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/zdroje-nepreerusovaneho-napajeni-ups--15062>> [citácia 17.2. 2015]
- [12] Brandštetter, Pavel. *Elektronika: učební texty*. Dotisk 2. vyd., 1999. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 313 s., ISBN 80-7078-966-2
- [13] Vrána, V., Kolář, V., *Základy polovodičové techniky* [online], c2005, <http://feil.vsb.cz/kat420/vyuka/hgf/elektrotechnika/sylab_polovodicova_technika_bc.pdf> [citácia 24.2. 2015]
- [14] Henergie, *Palivové články dostávají v Evropě zelenou* [online], publikované dňa 17.6. 2008 <<http://www.infoenergie.cz/web/root/energy.php?nav01=3&nav02=24&nav03=743>> [citácia 8.3.2015]
- [15] Maxwell, *Maxwell Technologies* [online], c2015, <<http://www.maxwell.com/>> [citácia 8.3.2015]
- [16] Systems sunlight, *OPzV Batteries (Stadby Applications)* [online], c2015, <<http://www.systems-sunlight.com/reliable-battery-solutions/reserve-power-solutions/vrla-valve-regulated-lead-acid-tubular-plate-gel-batteries/opzv-batteries/>>
- [17] Elektropaedia, *Battery and Energy Technologies: Lead Acid Batteries* [online], c2005, <<http://www.mpoweruk.com/leadacid.htm>> [citácia 18.3. 2015]
- [18] Elektropaedia, *Battery and Energy Technologies: Sekundary (Rechargeable) Batteries* [online], c2005, <<http://www.mpoweruk.com/secondary.htm>> [citácia 18.3. 2015]
- [19] Izakovič, M., Ondrejčovičová, I., *Elektrochemické články I* [online], <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:LSnIUV7sSMEJ:www2.statp.edu.sk/buxus/spu/Chemia/Galvanicke_clanky/Galvanic_Cells2final.doc+&cd=4&hl=sk&ct=clnk&gl=sk> [citácia 20.3. 2015]

- [20] *Lead- Acid Battery*. Kroměříž: Fg- forte [online], 2007. 18 s., <<http://www.fg-forte.cz/images/file/Datasheets/fgFORTE%20FG%20series%20datasheet.pdf>>
- [21] *Základy elektrochémie* [online], 2006,
<<http://sparc.fpv.umb.sk/~budzak/Elektrochem/Elektrochemia/Podakovanie.html>>
- [22] Cenek, Miroslav. *Akumulátory od principu k praxi*. 1. vyd. Praha: FCC Public, 2003. 248. s. ISBN 80-86534-03-0
- [23] Cenek, Miroslav. *Akumulátory a baterie*. 1. Vyd. Praha: STRO.M, 1996. 149. s.
- [24] Peukert, W. *Über die Abhängigkeit der Kapazität von der Entladestromstärke bei Bleiakkumulatoren*. Elektrotechnische Zeitschrift (ETZ). 1897, 287-288 s
- [25] Coyle, T. *Calculating backup power supply requirements (2014) Engineered Systems*, 31 (4), pp. 44-49.
- [26] Hordeski, M.F. *Emergency and Backup Power Sources: Preparing for Blackouts and Brownouts (2005) The Fairmont Press, Inc.*, p.313
- [27] Brown, R.E. *Electric Power Distribution Reliability, Second Edition (2008)*, CRC Press, p.504
- [28] Kumer, *OPzS* [online],
< http://www.kumer.cz/data/OPzS_Zelle_Cz_112008x.pdf> [citácia 28.4. 2015]
- [29] Kumer, *Schuster* [online],
< http://www.kumer.cz/data/IU_Control_Professionell_Cz.pdf> [citácia 28.4.2015]